

مدخل إلى علم الفيزياء A Physics Toolkit

الجزء 1

الكميات الفيزيائية والوحدات :

الكميات الفيزيائية الأساسية في النظام الدولي :

الكمية	رمزها	وحدتها	نوعها
الزمن	t	s	قياسية
الطول	L	m	قياسية
الكتلة	m	kg	قياسية
درجة الحرارة	T	K	قياسية
كمية المادة	M	mol	قياسية
التيار الكهربائي	I	A	قياسية
شدة الإضاءة	cd	cd	قياسية

بعض الكميات الفيزيائية المشتقة :

الكمية	رمزها	وحدتها	نوعها
الإزاحة	x	m	متجهة
الحجم	V	m ³	قياسية
السرعة	v	m/s	متجهة
التسارع	a	m/s ²	متجهة
القوة	F	N	متجهة
الوزن	F _g	N	متجهة
قوة الشد	F _T	N	متجهة
قوة الدفع	F _{thrust}	N	متجهة
قوة الاحتكاك	F _K , F _s	N	متجهة
القوة العمودية	F _N	N	متجهة
قوة النابض	F _{sp}	N	متجهة

الوحدات :

الوحدة	الرمز	القيمة العددية
الزمن	s	1
الطول	m	1
الكتلة	kg	1
درجة الحرارة	K	1
كمية المادة	mol	1
التيار الكهربائي	A	1
شدة الإضاءة	cd	1

الطريقة العلمية: عملية منظمة للملاحظة والتجريب والتحليل لإجابة عن الأسئلة حول الظواهر الطبيعية.

الفرضية: تخمين علمي عن كيفية ارتباط المتغيرات بعضها مع بعض.

النموذج العلمي: فكرة أو معادلة أو تركيب أو نظام للمنتجة الظاهرة، وتعتمد على التجريب.

النظرية العلمية: تصور يفسر بعض الملاحظات المدعومة بالنتائج التجريبية.

القانون العلمي: قاعدة طبيعية تجمع الملاحظات المترابطة لوصف ظاهرة طبيعية متكررة.

مهم جدًا: أن تصنف أي جملة إلى كونها (فرضية أو تجربة أو نظرية أو قانون).

الفيزياء: تعنى الطبيعة، وهو علم يهتم بدراسة المادة والطاقة والعلاقة بينهما.

مثل دراسة: تركيب المادة بدءًا بالإلكترونات وانتهاء بالكون. ودراسة حركة الإلكترونات والطاقة والتواتر الكهربائية.

تستخدم الرياضيات بوصفها لغة قادرة على التعبير عن القوانين والظواهر.

القياس: مقارنة كمية مجهولة بكمية أخرى معيارية.

النظام الدولي للوحدات: نظام متفق عليه دوليًا لاستخدام وحدات قياس محددة.

تحليل الوحدات: التعامل مع الكميات بوصفها كميات جبرية لتأكد من صحتها.

الدقة: درجة التقابل في القياس، أي فحص الخطأ الأقل في القياس، وتعتمد على أداة القياس وطريقة استخدامها، ودقة قياس أي أداة هي (نصف أصغر تدرج).

الضبط: اتفاق نتائج القياس مع القيم المقبولة في القياس، ولضبط الأداة يتم معايرة صفر الجهاز، ومعايرة الجهاز بكميات ذات قيمة معتمدة.

من الأخطاء الشائعة في القياس: اختلاف زاوية النظر.

مهم جدًا: أن تفرق بين النتائج من حيث دقتها وضبطها، وتحسب دقة أي أداة.

تمثيل الحركة Representing Motion

الجزء 2

النظام الإحداثي: نظام يستخدم لوصف الحركة من خلال تحديد نقطة الأصل المتغير، وتعتمد اتجاهه الذي يتزايد فيه.

نقطة الأصل: نقطة تكون عندها قيمة كل من المتغيرين تساوي الصفر.

الكمية الفيزيائية: أي صفة يمكن قياسها.

الكمية الفيزيائية القياسية: أي كمية تعتمد بالمقدار فقط مثل: الطول، الزمن، الكتلة، الحجم، درجة الحرارة.

الكمية الفيزيائية المتجهة: أي كمية تعتمد بالمقدار والاتجاه مثل: السرعة والتسارع والقوة والزخم.



نموذج الجسم النقطة: تمثيل حركة الجسم بسلسلة من النقاط بدلاً من الصور.



مخطط الحركة: سلسلة من الصور المتتامة لحركة الجسم خلال فترات زمنية متساوية.



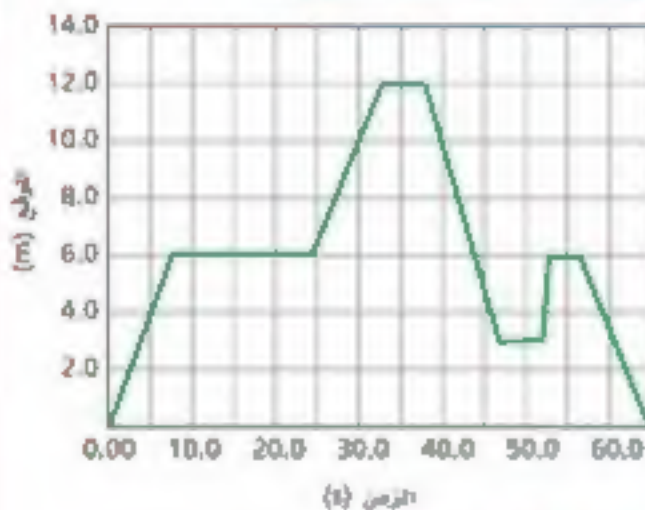
المسافة: كمية قياسية تعبر عن ما يقطع الجسم في حركته.

الإزاحة: كمية متجهة، نصف الخط المستقيم من نقطة البداية إلى نقطة النهاية.

مهم جدًا: أن تفرق بين المسافة والإزاحة.

منحنى (الموقع الزمن):

رسم بياني يمثل فيه المحور الأفقي (x) بالزمن (t) المتغير المستقل، ويمثل فيه المحور الرأسي (y) بالموقع أو المسافة (المتغير التابع).



أهمية منحنى (الموقع الزمن):

1 - تحديد المسافة والإزاحة ونقاط الالتقاء خلال أي فترة زمنية (بمراقبة المحور الرأسي).

2 - تحديد الفترة الزمنية لأي مسافة أو إزاحة (بمراقبة المحور الأفقي).

3 - حساب السرعة المتجهة المتوسطة من ميل منحنى (الموقع الزمن).

4 - حساب السرعة المتوسطة من القيمة المطلقة لميل منحنى (الموقع الزمن).

ملاحظة:

صعود وهبوط المنحنى لا يعني صعود الجسم وهبوطه، بل اقتراب وابتعاد عن نقطة الأصل. والخط الأفقي يعني وقوف الجسم.

مهم جدًا: أن تفسر دلالة أي منحنى للموقع الزمن وتحسب من خلاله السرعة (تدريب حل المسائل).

المتغير المستقل: متغير يتم التحكم فيه بالتجربة (يمثل على المحور الأفقي)، **المتغير التابع:** متغير يعتمد على المتغير المستقل (يمثل على المحور الرأسي).

خط الموائمة: أفضل خط مستقيم يمر بأغلب النقاط، **التمثيلات المتكافئة:** طرق مختلفة لوصف الحركة، كالكميات والصور ومخططات الحركة والمنحنيات.

السرعة المتجهة المتوسطة: ميل منحنى (الموقع - الزمن)، التغير في الموقع خلال وحدة الزمن.

السرعة المتوسطة: القيمة المطلقة لميل منحنى (الموقع - الزمن)، وهي القيمة العددية لتغير موقع الجسم خلال وحدة الزمن.

السرعة المتجهة اللحظية: مقدار سرعة الجسم في فترة زمنية صغيرة جدًا، وتمثل مماس.

معادلة الحركة لجسم يتحرك بسرعة ثابتة: $v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$

حل المعادلات :

الخاصية التوزيعية:

$$a(b+c) = ab+ac$$

$$3(x-2) = 3x-6$$

خصائص الجمع والطرح :

$$x-3=7$$

$$x-3+3=7+3$$

$$x=10$$

خصائص الضرب والقسمة :

$$a = \frac{b}{c} \Rightarrow c = \frac{b}{a} \Rightarrow b = ac$$

$$a = b \Rightarrow ac = bc \Rightarrow \frac{a}{c} = \frac{b}{c}$$

ترتيب العمليات حل المعادلات :

1 - بسط التعابير الرياضية داخل الأقواس.

2 - نفذ عمليات القوى والجنور.

3 - نفذ عمليات الضرب والقسمة.

4 - نفذ عمليات الجمع والطرح.

$$4+3(4-1)-2^3=?$$

$$= 4+3(3)-8$$

$$= 4+9-8$$

$$= 5$$

فصل المتغيرات :

مثال : اكتب المعادلة بدلالة P و n :

$$PV=nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$P = \frac{nRT}{V}$$

الحركة المتسارعة Accelerated Motion

المستوى
3

منحنى (السرعة الزمن) :

رسم بياني يمثل فيه المحور الأفقي (x) بالزمن (t) المتغير المستقل ، ويمثل فيه المحور الرأسي (v) السرعة (المتغير التابع) .

أهمية منحنى (السرعة الزمن) :

1 - تحديد السرعة خلال أي فترة زمنية (بمراقبة المحور الرأسي) .

2 - تحديد الفترة الزمنية لأي سرعة (بمراقبة المحور الأفقي) .

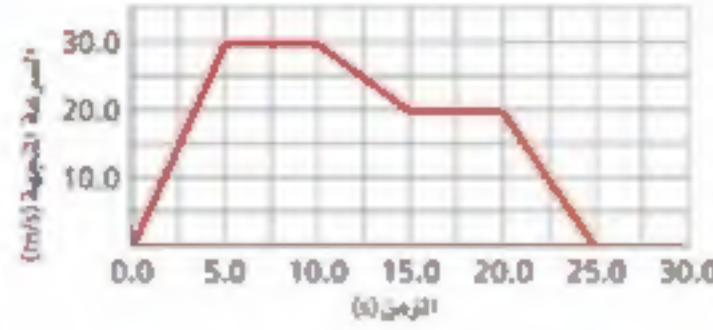
3 - حساب التسارع المتجهة المتوسطة من ميل منحنى (السرعة الزمن) .

$$\text{slope} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

ملاحظة : 1 - الخط الأفقي يعني ثبات سرعة الجسم (تسارع يساوي صفر) .

2 - المساحة تحت منحنى (الزمن التسارع) تمثل المسافة التي قطعها الجسم .

▲ مهم جدا : أن تفسر دلالة أي منحنى للسرعة الزمن وتحسب من خلاله التسارع (تتركب حل المسائل) .



التسارع الموجب والسالب :



تتزايد السرعة في الاتجاه الموجب (+) ، (+)



تتناقص السرعة في الاتجاه الموجب (+) ، (-)

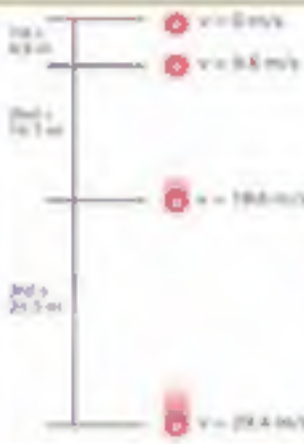


تتزايد السرعة في الاتجاه السالب (-) ، (-)



تتناقص السرعة في الاتجاه السالب (-) ، (+)

المسقط الحر :



حركة الجسم تحت تأثير الجاذبية الأرضية فقط (إهمال مقاومة الهواء) .

تسقط جميع الأجسام بتسارع الجاذبية الأرضية

نستخدم معادلات الحركة للمسقط الحر على المحور (y) مع الأخذ في الاعتبار

أن تسارع الجسم المسقط $g = -9.8 \text{ m/s}^2$

معادلات الحركة لجسم يتحرك بتسارع ثابت :

$$v_f = v_i + at$$

تذكر :
بمعرفتي ثلاث
كميات يمكن
إيجاد المتبقية

$$d = v_i t + \frac{1}{2} at^2$$

$$d = v_f t - \frac{1}{2} at^2$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad$$

$$d = \left(\frac{v_1 + v_2}{2} \right) t$$

▲ مهم جدا :
أن تحل
مجموعة من
المسائل على
معادلات الحركة

القوى في بعد واحد Forces in One Dimension

المستوى
4

قانون نيوتن الأول : الجسم الساكن يبقى ساكناً ، والجسم المتحرك على خط مستقيم وبسرعة ثابتة يبقى على حركته ، ما لم تؤثر عليه قوة خارجية .



$$\sum F = 0$$

الفصول الذاتي : خاصية الجسم لممتلئة أي تغير في حالته الحركية .



قانون نيوتن الثاني : محصلة القوى المؤثرة في الجسم تساوي تسارع الجسم في مقدار كتلته .



$$\sum F = am$$

قانون نيوتن الثالث : لكل قوة فعل قوة رد فعل مساوي له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه .

$$F_{ab} = -F_{ba}$$

القوة : سحب أو دفع يؤثر في الأجسام ويسبب تغيراً في الحركة مقداراً واتجاهاً .

النظام : الجسم المراد دراسته ، المحيط : كل ما يحيط بالجسم المراد دراسته .

قوى التلامس : قوة تتولد عندما يلامس النظام جسم من المحيط ويؤثر فيه بقوة .

قوى الجاذبية : قوة تؤثر في الجسم بعض النظر عن التلامس .

مخطط الجسم الحر : تمثيل الجسم بنقطة ، وتمثيل القوى المؤثرة عليه بأسهم خارجة منه .

▲ مهم جدا : أن ترسم مخطط الجسم الحر لأي جسم تؤثر عليه مجموعة من القوى .



القوة المحصلة : قوة تعمل عمل مجموعة من القوى مقداراً واتجاهاً ، وتساوي ناتج جمع المتجهات .

الاتزان : يحدث الاتزان إذا كانت محصلة القوى المؤثرة تساوي صفر .



من تطبيقات قانون نيوتن الثاني : حالات تغير الوزن في المصعد .

1- يزداد الوزن في حالة تسارع المصعد إلى الأعلى أو في حالة تباطؤ إلى الأسفل .

2- يقل الوزن في حالة تسارع المصعد إلى الأسفل أو في حالة تباطؤ إلى الأعلى .

3- يبقى الوزن كما هو في حالة حركة المصعد بسرعة ثابتة .

4- ينحتم الوزن في حالة سقوط المصعد سقوطاً حراً .

الوزن الظاهري : قراءة الميزان لو وزن جسم يتحرك بتسارع

القوة المعيقة : هي قوة المعاكسة التي يؤثر بها المائع في الأجسام المغمورة فيه .

السرعة الحدية : سرعة منتظمة يصل إليها الجسم الساقط عند تساوي القوة المعيقة

بقوة الجاذبية

▲ مهم جدا : أن تحدد أي من قوانين نيوتن المناسب تطبيقها عند حل أي مسألة .

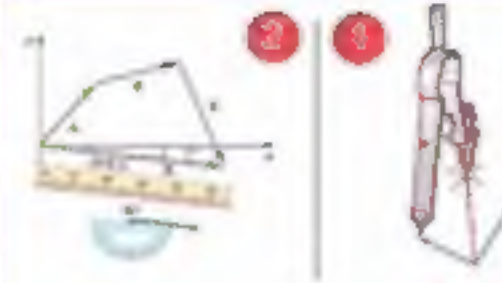


بعض أنواع القوى :

الوزن	F_g	قوة مجال شحج عن الجاذبية الأرضية بين جسمين ، اتجاهها إلى الأسفل .
قوة الشد	F_T	قوة يؤثر بها خيط أو حبل في جسم متصل به ، تؤدي إلى سحبه .
قوة الدفع	F_{push}	اتجاهها مبعثدة عن الجسم .
قوة الاحتكاك	F_K F_S	قوة تعاكس اتجاهها في اتجاه تسارع الجسم .
القوة العمودية	F_N	قوة تلامس يؤثر بها السطح على الجسم .
قوة التناقص	F_{sp}	قوة تلامس يؤثر بها النابض .

▲ مهم جدا : أن تحدد القوى المؤثرة واتجاهها على أي جسم .

طرق إيجاد محصلة المتجهات بالرسم :



- طريقة إكمال المثلث : تحتاج فيها إلى مستطوي وفرجار وتستخدم لإيجاد محصلة متجهين فقط (المحصلة هي القطر)
- طريقة إكمال المثلث : تحتاج برأس متجه آخر : تحتاج فيها إلى مستطوي ومثلث، وتستخدم لإيجاد محصلة متجهين فأكثر (والمحصلة هي الخط الواسل من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الأخير).

طرق إيجاد محصلة متجهين حسابيا :

- نظرية فيثاغورس : تستخدم لإيجاد محصلة متجهين أو أكثر بشرط أن تكون متعامدة.

$$R^2 = A^2 + B^2$$



- قانون جيب التمام : تستخدم لإيجاد محصلة متجهين فقط بينهما زاوية.

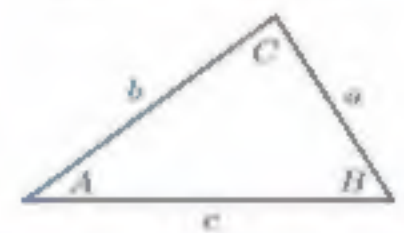
$$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB \cos \theta$$

$$R^2 = A^2 + B^2 + 2AB \cos \theta$$

- يستخدم القانون بالإشارة السالبة إذا كانت الزاوية محصورة بين رأس متجه وذيل متجه آخر.
- ويستخدم القانون بالإشارة الموجبة إذا كانت الزاوية محصورة بين ذيلي متجهين.

- قانون الجيب : علاقة يمكنك من خلالها إيجاد مقدار متجه بدلالة متجهين والزاوية بينهما.

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$



التحليل : تستخدم لإيجاد محصلة متجهين أو أكثر (الحالة العامة).

- فكرته : أي متجه لا يطبق على المحاور الرئيسية يمكن تحليله إلى مركبتين A_x و A_y .



- تذكر دائما : أن مجاور الزاوية $\cos \theta$ فإن كانت الزاوية محصورة بين المتجه والمحور الأفقي x فإن المركبة x للمتجه \cos وإن كانت الزاوية محصورة بين المتجه والمحور الرأسي y فإن المركبة y للمتجه \cos .

خطوات إيجاد المحصلة بالتحليل :

- 1 - حل المتجهيات التي لا تتعلق على المحاور الرئيسية.

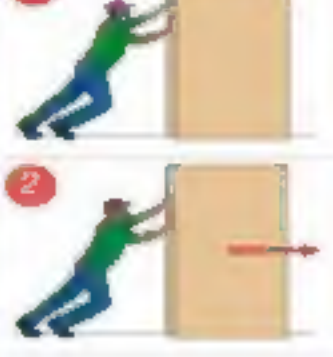
$$\Sigma R_x, \Sigma R_y$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{R_y}{R_x} \right)$$

- مهم جدا : أن توجد محصلة أي مجموعة من القوى بالتحليل.

الاحتكاك : قوة تنشأ بسبب تماس سطحين تحتاج إليها كثيرا من أجل بدء الحركة، وتتنشأ منها كثيرا بسبب فقد الطاقة.



الاحتكاك الساكني F_s : القوة التي يؤثر بها أحد السطحين في الآخر عند سكونهما.

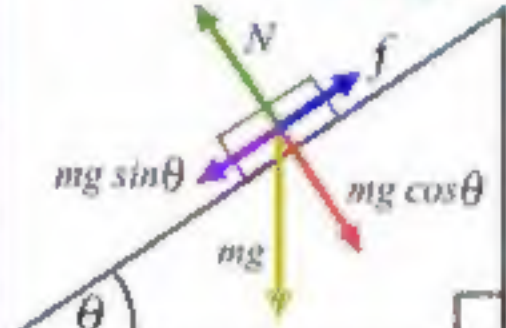
$$F_s \leq \mu_s F_N$$

الاحتكاك الحركي F_k : القوة التي يؤثر بها أحد السطحين في الآخر عند حركة أحدهما أو كلاهما.

$$F_k = \mu_k F_N$$

العوامل المؤثرة في الاحتكاك : المواد التي تتكون منها السطوح، القوة العمودية.

الاتزان : يوازن الجسم إذا كانت محصلة القوى المؤثرة عليه تساوي الصفر.



القوة الموازنة : هي القوة التي تحل الجسم متوازنا.

الحركة على سطح مائل : بتطبيق قانون نيوتن الأول والتحليل في حالة الاتزان، يمكن الوصول إلى :

$$F_{gy} = F_N = mg \cos \theta$$

$$F_{gx} = F_k = mg \sin \theta$$

مركبة الوزن الموازية للسطح الأفقي $mg \sin \theta$ هي التي تتسبب في تسارع الجسم.

- مهم جدا : أن تتبني عند تطبيق قانون نيوتن الأول أو قانون نيوتن الثاني في تحديد جميع القوى المؤثرة بعد تحليلها.

الحركة في بعدين
Motion in Two Dimensions

المقذوفة : جسم يطلق في الهواء، وله حركتان مستقلتان أفقية ورأسية.

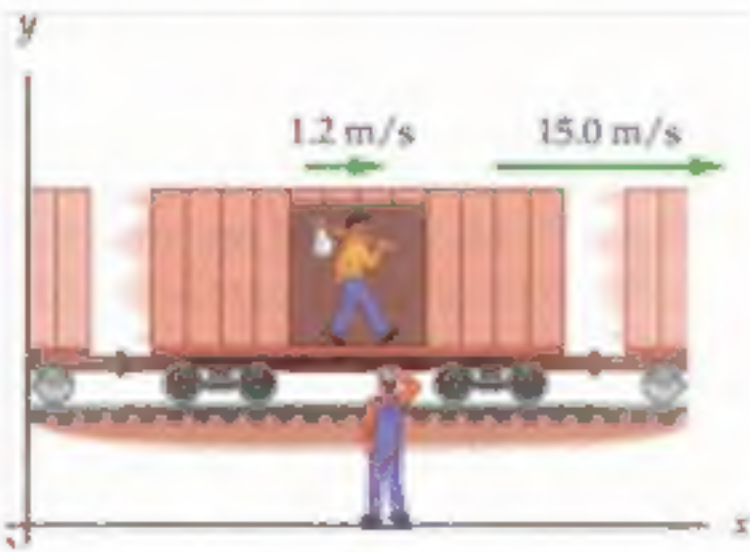


- تؤثر على المقذوفة قوة واحدة فقط هي قوة الجاذبية الأرضية (مع إهمال قوة مقاومة الهواء).
- يحصل مقاومة الهواء قبل الحركة الأفقية لا تسارع لها (سرعتها الابتدائية = سرعتها النهائية).
- بخلاف الحركة الرأسية التي تتسارع بمقدار تسارع الجاذبية الأرضية.
- الحركة الأفقية للكرة المقذوفة لا تؤثر على حركتها الرأسية.
- أي أن السرعة الأفقية لا تؤثر في زمن تحليق المقذوفة.

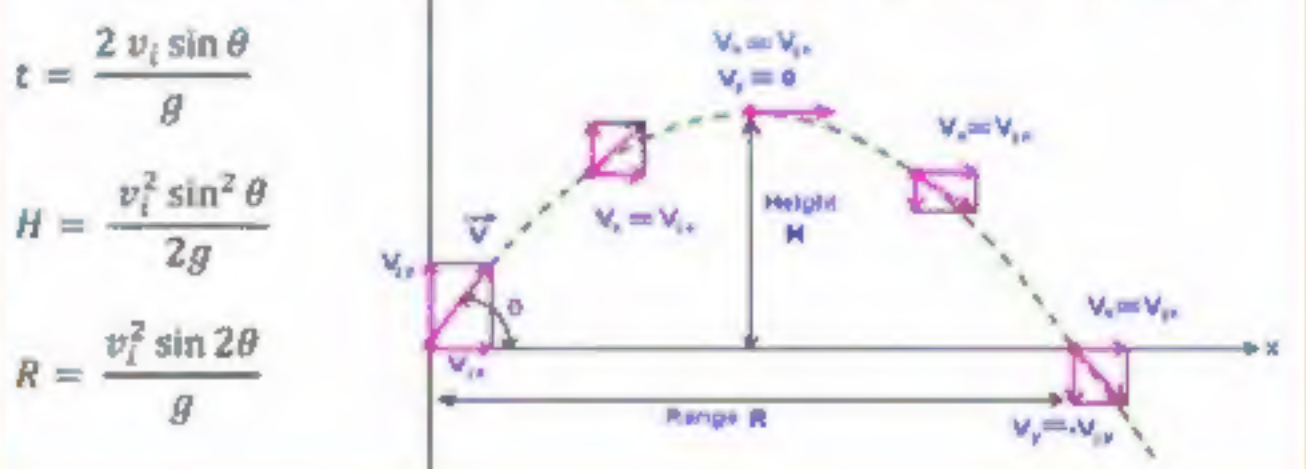
- مهم جدا : لحل مسائل المقذوفات بمعادلات الحركة - الفصل الثالث - (مع الأخذ في الاعتبار استقلالية الحركة الأفقية والرأسية).

السرعة النسبية : حساب سرعة جسم بالنسبة لجسم آخر.

$$v_{a/b} = v_{a/c} + v_{c/b}$$



حالة خاصة : لتطبيق التمرين التالية عند سقوط المقذوفة على نفس المستوى الذي انطلقت منه، لحساب كل من: (زمن التحليق t والقصى ارتفاع H والمدى الأفقي R)



$$t = \frac{2 v_i \sin \theta}{g}$$

$$H = \frac{v_i^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

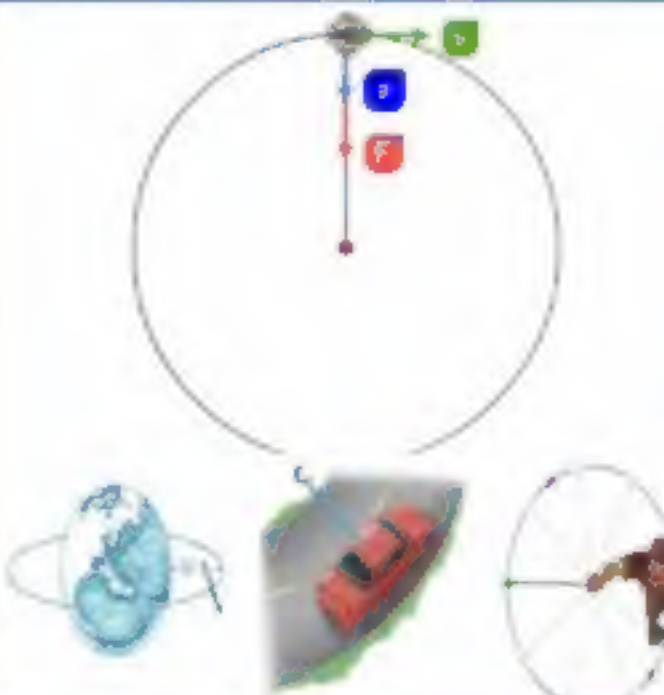
$$R = \frac{v_i^2 \sin 2\theta}{g}$$

الحركة الدائرية المنتظمة :

- حركة جسم على محيط دائرة بسرعة ثابتة.
- ولا تحدث الحركة الدائرية للجسم إلا بوجود قوة جذب مركزية F_c اتجاهها إلى المركز، مثل :
- قوة الشد في حركة جسم مربوط بحبل.
- قوة الاحتكاك في حركة سيارة بنزول.
- قوة التجاذب الكتل في حركة القمر حول الأرض.
- يتسارع الجسم مركزيا a_c في الحركة الدائرية:

$$F_c = a_c m, \quad a_c = \frac{v^2}{r}, \quad v = \frac{2\pi r}{T}$$

لا وجود للقوة الطاردة المركزية بل هو شعور وهمي بوجودها عند انحناء الجسم نحو الخارج.



قانون الجذب الكوني : أي جسمين في الكون يتجاذبان بقوة تتناسب طرديا مع كتلتيهما و عكسيا مع مربع المسافة بينهما (تجاذب كتلي) .

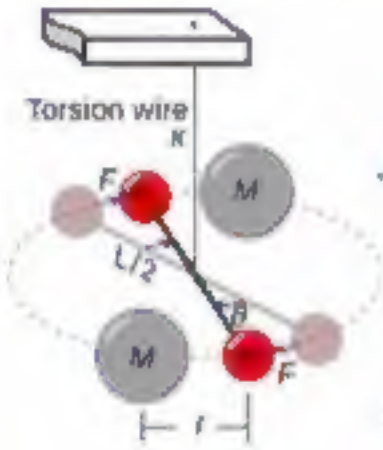


$$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$

تجربة كافنديش : هدفت إلى حساب ثابت الجذب الكوني G.

فكرة عمل جهاز كافنديش :



- 1- تعليق كتلتين صغيرتين من الرصاص في سلك حر الحركة القلي.
- 2- تقريب كتلتين كبيرتين من الكتلتين الصغيرتين.
- 3- لوحظ تجاذب الكتلتين.
- 4- بدلالة الكتلة والبعد بينهما ومقدار قوة الجذب تمكن كافنديش من : حساب ثابت الجذب الكوني G.

أهمية ثابت الجذب الكوني G: حساب كتل الكواكب.



انعدام وزن رواد الفضاء : يشعر رواد الفضاء بانعدام أوزانهم بسبب انعدام قوى التماس الباشي عن لسرع رواد الفضاء والتمركية بشي المدار .

نوعا الكتلة :

- 1 - الكتلة من قانون نيوتن الثاني $F = am$ تساوي مقدار القوة المحصلة على تسارع الجسم. وتسمى (الكتلة القصور) ، تقاس بالتأثير في الكتلة بقوة لم تهاش لتسارع بميزان قصور.
- 2 - الكتلة من قانون الجذب الكوني $F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ وتساوي مربع المسافة بين الجسمين في مقدار القوة الجاذبة بين جسمين على ضرب الكتلة الثانية في ثابت الجذب الكوني. وتسمى (الكتلة الجاذبية) ، تقاس بميزان أي الكتلتين.

تدرب على حل المسائل التالية :

الفصل الأول	الفصل الثاني	الفصل الثالث	الفصل الرابع	الفصل الخامس	الفصل السادس	الفصل السابع
15 : 6,7	39 : 9,10,11,12,13	64 : 1,2,3,4	106 : 15,16,17,18	134 : 1,2	164 : 1,2	164 : 1,2
26 : 24,27, 29, 30	41 : 14,15,16,17,18	68 : 6,7,8,9	111 : 23,24	138 : 3,5	166 : 3,4, 5	166 : 3,4, 5
27 : 34, 36, 37	46 : 25, 27, 28	70 : 18, 19, 20, 21	125 : 48, 49, 51,52	142 : 15, 16, 17, 18	171 : 10,11,12	174 : 19, 20, 21
29 : الاختبار المعقن	54 : 43, 44, 45	77 : 25,26, 27,28	126 : 53, 57, 59,60	144 : 19,20	174 : 19, 20, 21	181 : 38, 39, 42,43
	55 : 51, 54	82 : 41, 42, 43,44	183 : الاختبار المعقن	150 : 30, 32, 35	181 : 38, 39, 42,43	183 : الاختبار المعقن
	57 : الاختبار المعقن	89 : 79, 84, 85,88		157 : 62, 63, 64,65		
		93 : الاختبار المعقن		159 : الاختبار المعقن	183 : الاختبار المعقن	

قوانين كبلر :



1 قانون كبلر الأول : مدارات الكواكب إهليجية، وتقع الشمس في إحدى بؤرتيه.

2 قانون كبلر الثاني : الخط الوهمي من الشمس إلى الكوكب يمسح مساحات متساوية خلال أزمنة متساوية.

3 قانون كبلر الثالث : $\frac{r_A^3}{r_B^3} = \frac{T_A^2}{T_B^2}$

استنتاج سرعة كوكب يدور حول الشمس من خلال قانوني الجذب الكوني وقانون كبلر الثالث :

القوة المسببة لتدوير الكوكب = قوة الجذب الكوني

$$F_G = F_c$$

$$G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_1 a_c$$

$$G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_1 \frac{v^2}{r}$$

$$G \frac{m_2}{r} = v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{Gm_2}{r}}$$

استنتاج الزمن الدوري لكوكب يدور حول الشمس من خلال قانوني الجذب الكوني وقانون كبلر الثالث :

القوة المسببة لتدوير الكوكب = قوة الجذب الكوني

$$F_G = F_c$$

$$G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_1 a_c$$

$$G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_1 \frac{v^2}{r}$$

$$G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_1 \frac{(2\pi r)^2}{T^2}$$

$$G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_1 \frac{4\pi^2 r^2}{T^2}$$

$$G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_1 \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

$$G \frac{m_2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{T^2}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{Gm_2}}$$

المجال الجاذبي g : كل جسم له كتلة يكون محاطا بمجال جاذبي يؤثر من خلاله بقوة على جسم يوجد فيه.

$$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$g = G \frac{m_2}{r^2}$$

نظرية أينشتاين للجاذبية:



تغير الكتل الفضاء المحيط بها فجعلتها منحنية، وتتسارع الأجسام الأخرى بسبب هذا الانحناء.

نظرية أينشتاين : تنبأت نظرية أينشتاين بانحراف الضوء عند مروره بأجسام ذات كتل كبيرة، حيث ينحرف الضوء انحناءا المنحني.